Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 5, Dec- Jan 2021, p. 621-628

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 5، آذر - دی 1399، ص. 628-621

مقاله علمی- پژوهشی

تأثیر گرمایش اهمیک بر سرعت انجماد زدایی و خصوصیات ماهی تن منجمد

مریم کشانی[1]- نفیسه زمین‌دار[2]*- رضا حاجیان[3]

تاریخ دریافت: 1398/06/12
تاریخ پذیرش: 1398/10/04

چکیده

از نکات مهم در فرایند مواد غذایی منجمد، انجمادزدایی با حداقل آسیب به ویژگی‌های کیفی آن است. با توجه به اینکه روش‌های معمول مورد استفاده برای رفع انجماد موادغذایی سرعت کمی داشته و باعث کاهش کیفیت محصول می‌شوند، استفاده از روش‌های انجمادزدایی کارآمد ضروری به‌نظر می‌رسد. انجمادزدایی اهمیک یک روش حرارتی- الکتریکی با توانایی تولید گرمای یکنواخت‌تر نسبت به دیگر روش‌های انجمادزدایی می‌باشد. در این روش با تعیین میزان جریان الکتریکی گذرا از محصول می‌توان سرعت انجمادزدایی را تغییر داد. در این پژوهش تاثیر انجمادزدایی مکعب‌های منجمد ماهی تن با روش اهمیک به‌صورت غوطه‌وری در ولتاژ 50، فرکانس ثابت 50 هرتز و در سه غلظت مختلف آب نمک (0/3، 0/4، 0/5درصد) مورد بررسی قرار گرفت و خواص شیمیایی و فیزیکی نمونه‌ها طی سه روز نگهداری در دمای 4 درجه سانتی‌گراد بعد از انجمادزدایی اندازه‌گیری شد. مطابق با نتایج آزمون تجزیه واریانس طرح کاملا تصادفی، گذشت زمان باعث افزایش حلالیت پروتئین، pH، کل نیتروژن فرار باند شده، کاهش افت سانتریفوژ و افشره دارای اسانس گردید. اثر غلظت بر سرعت رفع انجماد معنی‌دار نبود ولی بر افت انجمادزدایی، افت تبخیر، افت سانتریفوژ، تلفات عصاره و کل نیتروژن فرار باند شده در سطح احتمال 5% اثر معنی‌داری نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ماهی تن، انجمادزدایی اهمیک، ازت فرار، حلالیت پروتئین

مقدمه

تونا نام عمومی گروهی از گونه‌های ماهی است که متعلق به خانواده اسکامبروئیدا است. خانواده اسکامبرویئدا شامل ماهی تن، بونتیو، مکرول و غیره می‌باشد (Nordt and Pomeranz 2016)، که در آب‌های گرمسیری و نیمه‌گرمسیری یافت می‌شود. تونا و گونه‌های شبیه تونا در بین ماهی‌ها به دلیل ارزش اقتصادی بالا در تجارت بین‌الملل از اهمیت خاصی برخوردارند، لیکن این نوع ماهی را به دلیل فصل ماهی‌گیری محدود، کمبود بازارهای در دسترس در نواحی خاص و هزینه‌های انتقال به نواحی دیگر نمی‌توان به‌صورت تازه مصرف کرد (Mousakhani-Ganjeh *et al*., 2015). بنابراین بایستی از روش‌های نگهداری طولانی مدت استفاده شود.

سال های زیادی است که برای نگهداری غذاها به مدت طولانی از انجماد استفاده می‌شود چرا که همراه با حفظ کیفیت محصولات، زمان نگهداری آنها را افزایش می‌دهد. درحالی که تغییرات شیمیایی و فیزیکی و بیوشیمیایی که در طول انجماد زدایی‌های طولانی اتفاق می‌افتد، منجر به افت کیفیت محصولات می‌شود (Liu *et al*., 2017). بنابراین انجام عملیات ذوب با سرعت زیاد و در دماهای پایین، برای حفظ کیفیت غذاهای منجمد اهمیت دارد. طولانی‌تر شدن زمان ذوب ممکن است باعث افزایش رشد میکروب های بیشتر روی محصولات، همچنین کاهش قابلیت انحلال پروتئین‌ها و افزایش مصرف انرژی شود (Mousakhani-Ganjeh *et al*., 2016). بدین منظور روش‌هایی کارآمد و ایمن برای انجمادزدایی سریع غذاهای منجمد ضروری است. روش‌های مختلفی برای رفع انجماد غذاهای منجمد وجود دارد؛ از جمله: انجمادزدایی در دمای اتاق، انجمادزدایی سردخانه‌ای، انجمادزدایی در آب نمک گرم، انجمادزدایی در آب ساکن، انجمادزدایی به کمک مایکروویو، انجمادزدایی فرکانس رادیویی، انجمادزدایی به روش اهمیک ، انجمادزدایی در میدان الکتریکی با ولتاژ بالا و انجمادزدایی به کمک امواج صوتی (Liu *et al*., 2017).

انجمادزدایی اهمیک یک روش حرارتی-الکتریکی است که داری گرمای یکنواخت تری نسبت به دیگر روشهای حرارتی-الکتریکی می‌باشد. سرعت و یکنواختی نسبی گرمای حرارت اهمیک (OH) توسط عبور مستقیم جریان الکتریکی از درون محصول امکان پذیر است (Liu *et al*., 2017). در این فرآیند از مقاومت الکتریکی غذاهای تیمار شده استفاده می‌شود، به‌گونه‌ای که انرژی الکتریکی تلف شده باعث ایجاد

1 و 2- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)، اصفهان، ایران.
3- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه بیوالکتریک، دانشکده مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: n.zamindar@khuisf.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.v16i5.82797

گرما می‌شود(اثر ژول). مقدار گرمای حاصل از تلفات الکتریکی مستقیما با ولتاژ به‌کار برده شده و هدایت الکتریکی محصولات یا اجزاء محصولات در ارتباط است (قانون اهم) (Liu *et al.*, 2017). علاوه بر این که زمان فرآیند از روش‌های حرارت‌دهی مرسوم کمتراست، خصوصیات کیفی محصولات مثل طعم و مواد مغذی بالاتر خواهد بود (Liu *et al.*, 2017).

یکی از مسائلی که در استفاده از روش اهمیک وجود دارد ارتباط مناسب میان ماهی و الکترود می‌باشد. همانطور که مشخص است ماهی دارای سطح صافی که تمامی نواحی آن به خوبی با الکترود در ارتباط باشد، نیست و در حالت منجمد خاصیت شکل‌پذیری هم ندارد. بنابراین برای غلبه بر این مشکل در این پژوهش از محلول آب نمک به‌عنوان الکترولیت استفاده می کنیم.

در این مقاله انجماد زدایی در غلظت‌های مختلف آب نمک انجام شد و ماهی تا 48 ساعت پس از رفع انجماد نگهداری و پارامترهای شیمیایی ماهی و سرعت انجمادزدایی اندازه‌گیری شده است.

با توجه به اینکه ماهی تون در صنعت پیش از فرآوری نیاز به رفع انجماد دارد، بنابراین تحقیق حاضر به دنبال بررسی روشی مناسب جهت رفع انجماد ماهی، به‌منظور حفظ بهتر جنبه‌های تغذیه‌ای و کیفی این گونه بوده تا بتواند به صنعت پیشنهاد نماید.

مواد و روش‌ها

آماده‌سازی نمونه ماهی تن

نمونه‌های منجمد ماهی تن حاصل از صید صنعتی با وزن تقریبی هرکدام 10 کیلوگرم از کارخانه تولید تن ماهی از مجتمع صنایع غذایی پگاه اصفهان تهیه و با محفظه‌های یخ به آزمایشگاه مهندسی صنایع غذایی انتقال یافت و بلافاصله مراحل آماده‌سازی نمونه آغاز شد. تمامی ماهیچه‌های سفید ماهی با استفاده از چاقو به ابعاد(3× 3× 3سانتی‌متر) بریده و در بسته‌های پلاستیکی زیپ‌دار بسته‌بندی شده و در دمای 30- درجه سانتی‌گراد به مدت 24 ساعت نگهداری شد و سپس نمونه‌ها در 18- درجه سانتی‌گراد تا زمان آزمون‌ها نگهداری شدند (Mousakhani-Ganjeh *et al.*, 2015).

تجهیزات مربوط به سیستم حرارت‌دهی اهمیک

ساختار گرم‌کننده اهمیک مورد استفاده در این مطالعه در نشان داده شده است. این سیستم شامل سه بخش، سیستم تامین انرژی الکتریکی، محفظه تیمار و سیستم کنترل است. در سیستم تامین انرژی الکتریکی به‌منظور تغییر در ولتاژ ورودی به دستگاه و به دنبال آن تغییر در سرعت حرارت‌دهی از یک منبع تغذیه جریان متناوب با فرکانس 50 هرتز استفاده شد. محفظه تیمار به شکل استوانه دارای طول و قطر داخلی معین و درب استوانه‌های قابل باز و بسته شدن بود. محفظه و درب آن کاملا از تفلون ساخته شده است در دو انتهای محفظه تیمار دو الکترود دایره‌ای شکل به‌عنوان عامل اولیه عبور جریان از ماده غذایی از جنس استیل ضدزنگ نصب شد. در این تحقیق فاصله بین الکترودها 7 سانتی‌متردر نظر گرفته شد. ماده غذایی در داخل محفظه تیمار به‌عنوان مقاومت الکتریکی عمل کرده، در فاصله بین دو الکترود قرار می‌گیرد و در آن حرارت می‌بیند تا به دمای فرآیند برسد. ترموکوپل نوع K برای اندازه‌گیری دمای نمونه، در مرکز هندسی قطعات ماهی قرار گرفت و دمای آن خوانده شد. همچنین این سیستم دارای منبع ولتاژ متناوبی با فرکانس 50 هرتز، ولتاژ متغیر 0 تا 300 ولت و حداکثر توان5 کیلو ولت آمپر می‌باشد. جریان و ولتاژ اندازه‌گیری می‌شود و به همراه دما به صورت سنکرون توسط میکروکنترولر به PC فرستاده می‌شود. داده‌های ارسالی از میکرو دریافت و درون فایل اکسل ذخیره می‌شوند.

تعیین هدایت الکتریکی

قبل از شروع کار، هدایت الکتریکی (میلی‌زیمنس بر سانتی‌متر) محلول آب نمک و نمونه ماهی اندازه‌گیری شد (Lascorz *et al*, 2016). به این منظور محلول آب نمک با غلظت‌های مختلف از 0/1 تا 1 درصد وزنی/ حجمی سدیم کلرید تهیه و 24 ساعت در دمای محیط نگهداری شد سپس با استفاده از هدایت‌سنج (متروهم، 712، سوئیس) هدایت الکتریکی اندازه‌گیری شد. همچنین رسانایی الکتریکی خمیر ماهی اندازه‌گیری شد.

روش آزمایشگاهی

در هر آزمایش سلول اهمیک از محلول آب نمک با غلظت‌های مشخص(0/3، 0/4، 0/5 درصد وزنی/حجمی) پرشده وترموکوبل را به مرکز هندسی نمونه ماهی منجمدی که از قبل به دمای 18- درجه سانتی‌گراد رسیده، متصل کرده و ولتاژ ثابت50 ولت و فرکانس 50 هرتز را اعمال می‌کنیم تا زمانی که مرکز نمونه به دمای 7- درجه سانتی‌گراد برسد سپس نمونه را از سل خارج کرده و پارامترهای وابسته بلافاصله پس از انجمادزدایی (در زمان صفر)، یک روز پس از انجمادزدایی(24 ساعت) و دو روز بعد از انجمادزدایی(48 ساعت) در سه تکرار اندازه‌گیری شد.

تعیین سرعت انجمادزدایی

زمان لازم برای بالا بردن درجه حرارت در مرکز نمونه ماهی یخ زده از 18- به 7- درجه سانتی‌گراد به‌عنوان سرعت تعیین شده است. سرعت انجمادزدایی نمونه‌های ماهی یخزده برابر است با تقسیم وزن نمونه ماهی منجمد بر زمان انجماد زدایی و با استفاده از معادله 1 محاسبه می‌شود (Rahbari *et al.*, 2018).

$$\text{Thawing rate} = \frac{\text{weight of frozen fish}}{\text{Thawing time}} \ (g/s) \qquad (1)$$

تعیین افت تبخیر، انجماد زدایی و تلفات عصاره

برای میزان افت وزن 3 شاخص بررسی شد، که شامل افت وزن ناشی از تبخیر، افت وزن ناشی از رفع انجماد، افت وزن ناشی از خروج خونابه، می‌باشد.

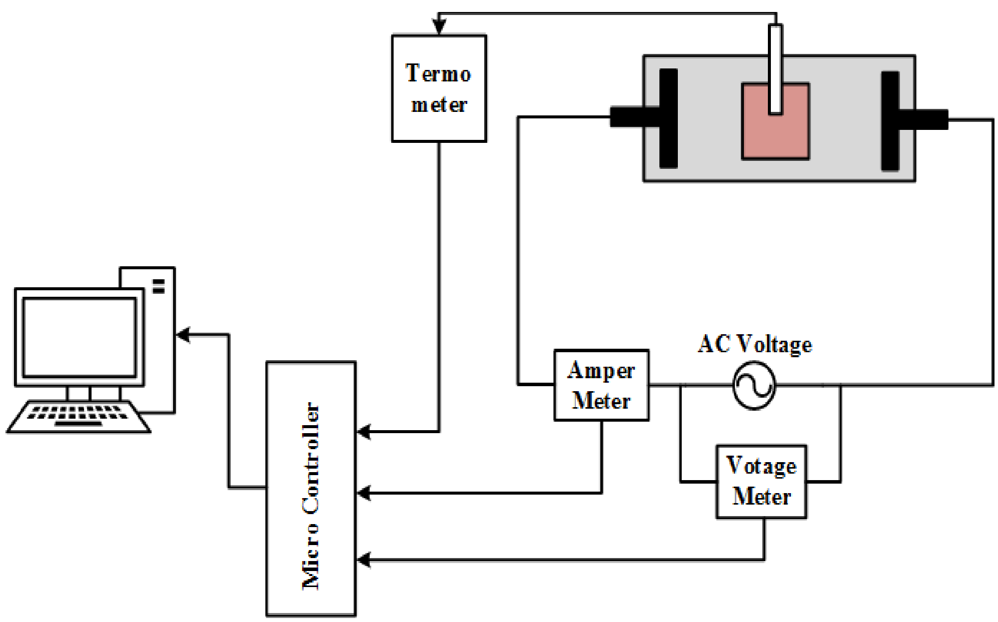
افت تبخیر، افت انجمادزدایی و افت عصاره، مطابق معادله‌های 2، 3 و 4 محاسبه می‌شود:

$$Thawing\ loss(\%) = \frac{M_0 - M_{TT}}{M_{TT}} \times 100 \quad (2)$$

$$Evaporation\ loss(\%) = \frac{M_0 - M_T}{M_T} \times 100 \quad (3)$$

$$\text{Drip loss} = Thawing\ loss - Evaporation\ loss \quad (4)$$

که درآن M_0، M_T و M_{TT} به‌ترتیب وزن ماهی یخ زده، وزن نمونه انجمادزدایی شده قبل از بین بردن آب سطحی و وزن ماهی رفع انجماد شده بعداز حذف آب سطحی است (He *et al.*, 2013).



شکل 1- دیاگرام مربوط به سیستم گرمادهی اهمیک

کل نیتروژن فرار باند شده

قطعات ماهی ذوب شده در 4 درجه سانتی‌گراد به مدت یک هفته نگهداری شده و TVB-N نمونه‌های ماهی فورا و 6 روز بعد از انجمادزدایی ارزیابی می‌شود. 10 گرم از گوشت ماهی خرد شده را با 50 میلی لیتر آب مقطر مخلوط و این مخلوط همراه با 2 گرم اکسید منیزیم به بالن کلدال انتقال یافت. برای جلوگیری از کف کردن، چند قطره از توئین 80 به آن اضافه شد. در یک ارلن مایر، 50 میلی‌لیتر محلول اسید بوریک 2% و چندین قطره معرف متیل رد اضافه شد و در خروجی کلدال نصب گردید. پس از آن شعله را روشن نموده تا مخلوط به آرامی شروع به جوشیدن و تقطیر کند، حرارت‌دهی تا زمانی که حجم ماده موجود در ارلن مایر به 150 سی‌سی برسد، ادامه یافت. محلول به‌دست آمده با اسید کلریدریک 0/1 نرمال تیتر و با استفاده از معادله 5، میزان ازت فرار موجود در نمونه گزارش گردید (Goulas and Kontominas 2005).

$$TVBN(mg) = \frac{V \times C \times 14 \times 100}{M} \quad (5)$$

که در آن V، حجم(میلی لیتر) اسید کلریدریک مصرف شده برای تیتراسیون، C غلظت محلول اسید کلریدریک مصرفی برای تیتراسیون و M، وزن نمونه(گرم) می‌باشد.

حلالیت پروتئین

اثر ذوب روی دناتوراسیون پروتئین با استفاده از قابلیت انحلال پروتئین تعیین می‌شود. 1 گرم از نمونه‌های ذوب شده همگن و در 20 میلی‌لیتر از پتاسیم یدید سرد یا پتاسیم فسفات (pH=7/2) مخلوط می‌شود. نمونه ها در 5000 دور بر دقیقه در دمای 4 درجه سانتی‌گراد به مدت 20 دقیقه سانتریفوژ شدند. سپس 2 میلی‌لیتر از سوپرناتانت[1] را برداشته و با 8 میلی‌لیتر معرف بیورت مخلوط و جذب محلول در 540 نانومتر خوانده می‌شود. برای تهیه معرف بیورت، 0/15 گرم سولفات

1 supernatant

مس 5 آبه و 0/6 گرم تارتارات مضاعف سدیم- پتاسیم در حدود50 میلی لیتر آب مقطر حل شده و پس از افزودن 30 میلی‌لیتر سود 10% به حجم 100 میلی‌لیتر رسید. با استفاده از سرم آلبومین گاوی با غلظت 3 تا 9 میلی‌گرم بر میلی‌لیتر منحنی استاندارد به‌دست آمد(Warner *et al*., 1997).

اندازه‌گیری pH

برای اندازه‌گیری pH، 5 گرم نمونه با 20 میلی‌لیتر آب مخلوط و به مدت 5دقیقه در 9000 دور بر دقیقه در یک همگن‌کننده فرایند، همگن و سپس pH قرائت گردید (Kim *et al*., 2006).

اندازه‌گیری PJ [2]

برای تست PJ، کاغذ فیلتر در بالا و زیر ماهی قرار داده می‌شود. فشرده سازی با سرعت ثابت 1 میلی‌متر بر ثانیه تا 60 درصد تغییر شکل با 0/1 ثانیه مکث بین خوانش و یک لودسل 122/5نیوتونی انجام می‌شود. ماهی و کاغذ فیلتر قبل و بعد از فشرده‌سازی وزن می‌شوند و نتیجه تفریق وزن قبل و بعد از فشرده‌سازی به‌عنوان درصد افشره حجم ماهی شناخته می‌شود (Pedersen *et al*., 2016).

افت سانتریفوژ

دو گرم از ماهی ذوب شده همگن و برای 10 دقیقه با سرعت rpm 4000 سانتریفوژ می‌شوند، سپس ماهی همگن شده استخراج و وزن می‌شود. میزان وزن تلف شده در سانتریفوژ توسط اختلاف بین وزن اولیه (M_p) و ثانویه (M_c) مطابق معادله(7) به‌دست می‌آید و به‌صورت درصد بیان می‌شود (Li et al., 2017).

$$Centrifugal\ loss(\%) = \frac{M_p - M_c}{M_p} \times 100 \qquad (6)$$

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

به‌منظور بررسی تاثیر تیمارهای مختلف بر صفات اندازه‌گیری شده از طرح کاملا تصادفی استفاده شد. آزمایش با 3 سطح متفاوت برای غلظت آب نمک(0/3- 0/4- 0/5%) و مدت نگهداری(0، 24 و 48 ساعت) انجام پذیرفت، تجزیه و تحلیل واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه 9/2 و با در نظر گرفتن سطح احتمال کمتر از 0/05 انجام شد. در صورت معنی‌دار بودن اثر هر عامل آزمایشی از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار جهت مقایسه میانگین استفاده گردید. در این بخش از مطالعه نتایج به شکل میانگین± انحراف استاندارد ارائه شدند.

نتایج و بحث

همانگونه که گفته شد برای برای تعیین میزان کیفیت انجمادزدایی به روش حرارت‌دهی اهمیک معیارهای سرعت انجمادزدایی، افت انجماد زدایی، افت تبخیر، افت عصاره، اندازه‌گیری pH، TVB-N، حلالیت پروتئین، افت سانتریفوژ مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای مورد نظر توسط روش تجزیه تحلیل واریانس در ولتاژ 50 و در سه غلظت آب نمک (0/3، 0/4، 0/5 درصد) در مدت زمان سه روز نگهداری مورد بررسی قرار گرفت و نتایج آن در اثر غلظت بر افت انجمادزدایی در سطح احتمال 1% معنادار بود (جدول 2). در آزمون LSD میان دو سطح مختلف غلظت (0/3% و 0/4%) تفاوت معناداری مشاهده نشد، اما بین غلظت 0/5% و غلظت‌های 0/3% و 0/4% تفاوت آماری معنادار مشاهده شد. در بررسی اثر غلظت، همانگونه که در جدول 4 مشاهده می‌شود بیشترین میزان افت انجمادزدایی مربوط به غلظت 0/5% و کمترین افت انجمادزدایی مربوط به غلظت‌های 0/3% و 0/4% بود. در جدول‌های 3 و 4 مقایسه میانگین برای معیارهایی که در غلظت یا زمان از تظر آماری معنادار بوده است، مشاهده می‌شود. جدول 1 و 2 مشاهده می‌شود. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که اثرات متقابل دو پارامتر مستقل (غلظت × روز) بر پارامتر TVB-N در سطح احتمال 5% معنادار می‌باشد.

سرعت انجمادزدایی

افزودن سدیم کلراید به تکه‌های گوشت منجر به افزایش سرعت انجمادزدایی و کوتاه شدن زمان انجمادزدایی شده است (Kim *et al*., 2006). کوتاه‌ترین زمان انجمادزدایی در مقایسه با روش‌های انجمادزدایی به سیستم اهمیک اختصاص داده شده است (Duygu and Ümit 2015). سرعت انجمادزدایی برای غلظت‌های آب نمک 0/3، 0/4 و 0/5 درصد به‌ترتیب برابر 0/21، 0/22 و 0/24 گرم بر ثانیه می‌باشد که بررسی تجزیه واریانس طرح کاملا تصادفی نشان از عدم تفاوت معنادار بین سطوح غلظت دارد (p<0/05).

بررسی افت انجمادزدایی

اثر غلظت بر افت انجمادزدایی در سطح احتمال 1% معنادار بود (جدول 2). در آزمون LSD میان دو سطح مختلف غلظت (0/3% و 0/4%) تفاوت معناداری مشاهده نشد، اما بین غلظت 0/5% و غلظت‌های 0/3% و 0/4% تفاوت آماری معنادار مشاهده شد. در بررسی اثر غلظت، همانگونه که در جدول 4 مشاهده می‌شود بیشترین میزان افت انجمادزدایی مربوط به غلظت 0/5% و کمترین افت انجمادزدایی مربوط به غلظت‌های 0/3% و 0/4% بود. در جدول‌های 3 و 4 مقایسه میانگین

2 Press Juice

برای معیارهایی که در غلظت یا زمان از نظر آماری معنادار بوده است، مشاهده می‌شود.

جدول 1- نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت و زمان بر پارامترهای TVB-N، حلالیت پروتئین، pH،PJ، افت سانتریفوژ

عوامل تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		TVB-N	حلالیت پروتئین	pH	PJ	افت سانتریفوژ
غلظت	2	*11/48	3/76ns	0/00054ns	0/3557ns	*37/79
روز	2	**22/83	*122/17	*0/031	*4/5	*84/17
غلظت * روز	4	**71/3	10/07ns	0/00067ns	0/1979ns	1/22ns
خطا	18	23/99	9/63	0/00053	0/5612	1/49

*و ** وns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد و 1 درصد و غیرمعنی‌دار است.

جدول 2- نتایج تجزیه واریانس اثر غلظت بر پارامترهای افت انجمادزدایی، افت تبخیر، تلفات عصاره، سرعت انجمادزدایی

عوامل تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		افت انجمادزدایی	افت تبخیر	تلفات عصاره	سرعت انجمادزدایی
غلظت	2	**6/08	*8/7	**3/27	0/0031ns
خطا	6	2/139	0/15	1/98	0/039

*و ** وns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال 5 درصد و 1 درصد و غیرمعنی‌دار است.

جدول 3- جدول مقایسه میانگین زمان‌های مختلف بر پارامترهایTVB-N، حلالیت پروتئین، pH،PJ، افت سانتریفوژ

زمان	TVB-N	حلالیت پروتئین	pH	PJ	افت سانتریفوژ
صفر	16/39±1/37b	16/6±2/7b	5/55±0/054b	3/497±0/32a	12/76±2/55a
24	16/98±0/658b	18/6±2/58b	5/64±0/067a	2/931±0/41ab	4/74±0/2b
48	18/57±3/32a	23/7±3/7a	5/66±0/073a	2/274±0/6b	7/22±1/68b

اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنادار از نظر صفات مورد بررسی از لحاظ آزمونLSD با یکدیگر ندارند($P \leq 0/05$)

جدول 4- جدول مقایسه میانگین غلظت‌های مختلف آب نمک برای پارامترهای TVBN، افت سانتریفوژ، افت انجمادزدایی، افت تبخیر، تلفات عصاره

غلظت	TVB-N	افت سانتریفوژ	افت انجماد زدایی	افت تبخیر	تلفات عصاره
0/3	18/23±3/27 a	9±3/11b	2/721±0/2b	-2/068±0/15a	4/14±0/3a
0/4	16/92±1/257b	11/4±3/12a	1/459±0/4b	-4/07±0/23b	5/5±0/26b
0/5	16/8±1/57 b	7/32±2/36c	3/42±0/9a	-1/89±0/036a	5/3±0/9b

اعدادی که دارای حداقل یک حرف مشابه هستند، اختلاف معنادار از نظر صفات مورد بررسی از لحاظ آزمونLSD با یکدیگر ندارند($P \leq 0/05$)

بررسی افت تبخیر

تجزیه واریانس طرح کاملا تصادفی برای افت تبخیر نشان‌دهنده معنادار بودن اثر غلظت در سطح احتمال 5% می‌باشد(جدول 2). در آزمون LSD میان دو سطح مختلف غلظت (0/3% و 0/5%) تفاوت معناداری مشاهده نشد، اما بین غلظت 0/4% و غلظت‌های 0/3% و 0/5% تفاوت آماری معنادار مشاهده شد. در بررسی اثر غلظت، همانگونه که در جدول 4 مشاهده می‌شود کمترین میزان افت تبخیر مربوط به غلظت 0/4% و بیشترین افت انجمادزدایی مربوط به غلظت های 0/3% و 0/5% بود.

بررسی تلفات عصاره

تجزیه واریانس طرح کاملا تصادفی برای تلفات عصاره نشان‌دهنده معنادار بودن در سطح احتمال 1% می‌باشد. در آزمون LSD میان دو سطح مختلف غلظت (0/4 %- 0/5%) تفاوت معناداری مشاهده نشد، اما بین غلظت (0/3% و 0/5%) و(0/3% و 0/4%) تفاوت آماری معنادار

مشاهده شد. در بررسی اثر غلظت، همان‌گونه که در جدول 4 مشاهده می‌شود کمترین میزان تلفات عصاره مربوط به غلظت 0/3% و بیشترین تلفات عصاره مربوط به دو غلظت دیگر است.

بررسی pH

بر طبق داده‌های جدول1 زمان در سطح احتمال5% بر pH اثر معنی‌داری دارد اما اثر غلظت و غلظت در زمان بر pH معنادار نمی‌باشد. در آزمون LSD میان دو سطح مختلف زمان 24 و 48 ساعت تفاوت معناداری مشاهده نشد اما زمان صفر با زمان‌های 24 و 48 ساعت تفاوت آماری معنادار نشان داد، در بررسی اثر زمان، کمترین میزان pH در زمان صفر و بیشترین میزان pH در زمان 48 ساعت مشاهده شد، همان‌گونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود نتایج نشان‌دهنده افزایش pH است (تغییرات pH در طول زمان بسیار جزئی می‌باشد). pH ماهی زنده حدود 7 بوده که پس از مرگ به مقدار حدود 6 کاهش می‌یابد. این نشانه تازگی و کیفیت قابل قبول ماهی است، ولی بایستی در نظر داشت که pH به تنهایی عامل کافی برای تخمین کیفیت تازگی ماهی نیست. پس از مرگ ماهی به علت یکسری تغییرات شیمیایی که درون آن رخ می‌دهد ماهی فاسد می‌شود و pH آن افزایش می‌یابد (ElShehawy *et al.*, 2016).

بررسی TVBN

شاخص TVBN برای ارزیابی فساد موادغذایی استفاده می‌شود. نیتروژن فرار، که ناشی از تجزیه پروتئین و ترکیبات نیتروژن غیرپروتئینی است، عمدتا به دلیل فعالیت میکروبی تولید می‌شود و در طول ذخیره‌سازی افزایش می‌یابد(موسی‌خانی و همکاران، 2015).

اثر غلظت بر TVBN در سطح احتمال 5% معنادار می‌باشد، به علاوه اثر زمان و اثر متقابل غلظت در زمان نیز در سطح احتمال 1% معنادار گردیده است. در آزمون LSD میان دو سطح مختلف غلظت (0/3% و 0/4%) تفاوت معنادار در سطح احتمال 5% مشاهده شد اما بین غلظت 0/5% و غلظت 0/4% تفاوت آماری معنادار مشاهده نشد. در آزمون بین غلظت 0/3 % و غلظت‌های 0/4% و 0/5% تفاوت معنادار در سطح احتمال 5% مشاهده شد.

در آزمون LSD میان دو سطح مختلف زمان صفر و 24 ساعت تفاوت معناداری مشاهده نشد اما در زمان 48 ساعت با زمان‌های صفر و 24 ساعت تفاوت آماری معنادار مشاهده گردید، در بررسی اثر زمان، همان گونه که در جدول 2 مشاهده می‌شود، مشابه نتایج (گولاس و همکاران،2006) با گذشت زمان TVBN افزایش می‌یابد، به نحوی که کمترین میزان TVBN در ساعت صفر و بیشترین TVBN در 48 ساعت مشاهده شد.

بررسی حلالیت پروتئین

شاخص‌های زیادی برای ارزیابی میزان دناتوره شدن پروتئین‌ها وجود دارد. یکی از رایج‌ترین روش‌ها اندازه‌گیری میزان حلالیت پروتئین است. آزمایش فاکتوریل حاکی از معنادار بودن اثر زمان در سطح احتمال 5% بر حلالیت پروتئین می‌باشد اما اثر غلظت و غلظت در زمان بر آن معنادار نمی‌باشد. در آزمون LSD میان دو سطح مختلف زمان صفر و 24 ساعت تفاوت معناداری مشاهده نشد اما در زمان 48 ساعت با زمان‌های صفر و 24 ساعت تفاوت آماری معنادار مشاهده گردید، در بررسی اثر زمان، همان‌گونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود، نتایج نشان‌دهنده افزایش حلالیت پروتئین با گذشت زمان بود به‌نحوی که کمترین میزان حلالیت پروتئین در ساعت صفر و بیشترین حلالیت پروتئین در 48 ساعت مشاهده شد.

بررسی PJ

همانطور که در جدول1 ملاحظه می‌شود اثر زمان بر PJ در سطح احتمال 5% معنادار می‌باشد اما اثر غلظت و غلظت در زمان بر PJ معنادار نمی‌باشد. در آزمون LSD میان دو سطح مختلف زمان24 ساعت با زمان‌های صفر و 48 ساعت تفاوت معناداری مشاهده نشد اما بین زمان‌های صفر و 48 ساعت تفاوت آماری معنادار مشاهده گردید، در بررسی اثر زمان، همان‌گونه که در جدول 3 مشاهده می‌شود، نتایج نشان‌دهنده کاهش میزان PJ با گذشت زمان بود به‌نحوی که بیشترین میزان PJ در ساعت صفر و کمترین میزان PJ در 48 ساعت مشاهده شد.

بررسی‌افت سانتریفوژ

میزان افت سانتریفوژ در سه غلظت مختلف و به مدت سه روز متوالی اندازه‌گیری شد، جدول1 نشان می دهد اثر زمان و غلظت در سطح احتمال 5% بر افت سانتریفوژ معنادار می‌باشد. اثر متقابل غلظت در زمان معنادار نبود. در آزمون LSD میان دو سطح مختلف زمان 24 و 48 ساعت تفاوت معناداری مشاهده نشد اما در زمان صفر با زمان‌های 24 و 48 ساعت تفاوت آماری معنادار مشاهده گردید، در بررسی اثر زمان، نتایج نشان‌دهنده این است که بیشترین میزان افت سانتریفوژ مربوط به زمان صفر می‌باشد (

جدول **3**). در آزمون LSD میان هر سه سطح غلظت، تفاوت معنادار مشاهده شد. بیشترین افت سانتریفوژ به‌ترتیب در غلظت های 0/4 و 0/3 و 0/5 درصد ملاحظه شد (جدول 4).

نتیجه‌گیری

نقش ارزشمند ماهی در تغذیه به دلیل وجود اسیدهای چرب غیراشباع امگا3، املاح معدنی، فسفر و کلسیم، ویتامین‌ها و پروتئین‌ها و اسیدآمینه‌های ضروری برای رشد و نگهداری فیزیکی بدن می‌باشد که موجب پیشگیری و حتی درمان برخی از بیماری‌ها می‌گردد. لیکن به‌دلیل فصل ماهی‌گیری محدود، کمبود بازارهای در دسترس در نواحی خاص و هزینه‌های انتقال به نواحی دیگر نمی‌توان ماهی را به صورت تازه مصرف کرد، به همین دلیل بسیاری از جوامع به مصرف ماهی کنسرو شده، روی آورده‌اند، بنابراین می‌بایست عطر و طعم، ارزش تغذیه‌ای مواد غذایی و کیفیت محصول حفظ گردد. در این مطالعه روش انجمادزدایی اهمیک به‌عنوان یک روش جدید برای رفـع انجمـاد ماهی منجمد پرداخته شد. در این روش در مقایسه با روش‌های حرارتی- الکتریکی هیچ‌گونه سوختگی در لبه‌ها و اطراف نمونه مشاهده نشد هم چنین نقطه سرد نمونه طی زمان بسیار کوتاهی به دمای نهایی رسید. یکی دیگر از نتایج به‌دست آمده در این روش انجمادزدایی کمتربودن میزان آب چک و حفظ آب محصول است که از جمله عوامل موثر در حفظ بافت محصول می‌باشد. با توجه به نتایج افت سانتریفوژ، انجمادزدایی، تبخیر و TVBN و غلظت‌های آب نمک مصرفی در این پژوهش ابتدا غلظت0/4 و سپس 0/3 درصد جهت انجمادزدایی ماهی منجمد پیشنهاد می‌شود

از عوامل تاثیرگذار بر روی این انتقال حرارت می‌توان به اندازه اولیه قطعات نمونه، بافت، دمای اولیه محصول، خصوصیات حرارتی-الکتریکی و غیره اشاره کرد که در نهایت بر ویژگی‌های حسی، فیزیکی، شیمیایی و ارزش تغذیه‌ای محصول اثر می‌گذارد.

منابع

Duygu B, Ümit G 2015. Application of ohmic heating system in meat thawing. *Procedia-Social and Behavioral Sciences* 195: 2822-2828 .

ElShehawy SM, Gab-Alla AAE-F, Mutwally HM 2016. Quality Attributes of the Most Common Consumed Fresh Fish in Saudi Arabia .*International Journal of Nutrition and Food Sciences* 5: 85-94. doi: 10.11648/j.ijnfs.20160502.11

Goulas AE, Kontominas MG 2005. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (Scomber japonicus): biochemical and sensory attributes. *Food Chemistry* 93: 511-520 .

He X, Liu R, Nirasawa S, Zheng D, Liu H 2013. Effect of high voltage electrostatic field treatment on thawing characteristics and post-thawing quality of frozen pork tenderloin meat. *Journal of Food Engineering* 115: 245-250 .

Kim J-Y, Hong G-P, Park S-H, Spiess WE, Min S-G 2006. Effect of Ohmic Thawing on Physico-Chemical Properties of Frozen Hamburger Patties. Korean *Journal for Food Science of Animal Resources* 26: 223-228 .

Li D, Jia S, Zhang L, Wang Z, Pan J, Zhu B ,Luo Y 2017. Effect of using a high voltage electrostatic field on microbial communities, degradation of adenosine triphosphate, and water loss when thawing lightly-salted, frozen common carp (*Cyprinus carpio*). *Journal of Food Engineering* .

Liu L, Llave Y ,Jin Y, Zheng D-y, Fukuoka M, Sakai N 2017. Electrical conductivity and ohmic thawing of frozen tuna at high frequencies. *Journal of Food Engineering* 197: 68-77 .

Mousakhani-Ganjeh A, Hamdami N, Soltanizadeh N 2015. Impact of high voltage electric field thawing on the quality of frozen tuna fish (*Thunnus albacares*). *Journal of Food Engineering* 156: 39-44 .

Mousakhani-Ganjeh A, Hamdami N, Soltanizadeh N 2016. Thawing of frozen tuna fish (*Thunnus albacares*) using still air method combined with a high voltage electrostatic field. *Journal of Food Engineering* 169: 149-154 .

Nordt SP, Pomeranz D 2016. Scombroid poisoning from tilapia. *The American journal of emergency medicine* 34: 339. 331.

Pedersen SJ, Feyissa AH, Kavli STB, Frosch S 2016. An investigation on the application of ohmic heating of cold water shrimp and brine mixtures. *Journal of Food Engineering* 179: 28-35 .

Rahbari M, Hamdami N, Mirzaei H, Jafari SM, Kashaninejad M, Khomeiri M 2018. Effects of high voltage electric field thawing on the characteristics of chicken breast protein. *Journal of Food Engineering* 216: 98-106 .

Warner R, Kauffman R, Greaser M 1997. Muscle protein changes post mortem in relation to pork quality traits. *Meat science* 45: 339-352 .

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 16, No. 5, Dec- Jan 2021, p. 621-628

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد 16، شماره 5، آذر - دی 1399، ص. 628-621

Effect of Immersion Ohmic Heating on Thawing Rate and Properties of Frozen Tuna Fish

M.Keshani, N. Zamindar*, R. Hajian

Received: 2019.09.03
Accepted: 2019.12.25

Introduction: The Scombridae family of fish consists of tuna, bonito and mackerel species that are found in warm waters (Nordt and Pomeranz, 2016). Tuna species is important because of economic value and prevalence in global trade. Although, they are usually not consumed fresh because of the limited fishing season, lack of accessible markets at certain locations and cost of transport to other areas. Therefore, long-term preservation methods must be used. For many years, freezing has been the method of preserving food for a longer period without a significant quality decrease. Thawing with minimal damage to the products quality is very important. Since common thawing methods are usually slow and reduce food quality, a substituted technique seems necessary (Mousakhani-Ganjeh, *et al.*, 2015). Ohmic thawing is a thermal-electrical method with a more uniform heat compared to other thermal-electrical methods. The speed and relative uniformity of ohmic heating is possible by passing direct electrical current through the product. In this process, the electrical resistance of frozen food is utilized. Electrical energy passes through food by means of electrical current and is dissipated in the form of heat (Joule effect). Based on Ohm's law, the amount of dissipated heat is directly related to the used voltage and the electrical conductivity of the product or its parts.

Materials and Methods: Muscles of the frozen tuna fish were cut into 3x3x3 cm cubes and kept in zip lock bags and stored at -30℃ for 24 h. Then the samples maintained at -18℃ until the experiments time (Mousakhani-Ganjeh *et al.*, 2015). The ohmic cell was filled with saline solution (0.3%, 0.4% and 0.5% respectively) and the thermocouple was connected to the geometric center of the frozen fish at -18℃. Then a voltage of 50 volts with 50Hz frequency was applied until the sample center reached -7℃ . The samples were then removed from the cells and protein solubility, pH, TVBN, centrifuge loss, thawing loss, drip loss, evaporation loss, and press juice were measured at 0, 24 and 48 h after thawing. Completely randomize design in factorial form with three replications was carried out for the experiments. Data were analyzed by SAS software.

Results and Discussion: In this research, ohmic thawing was evaluated as a new method for thawing fish. According to the results of ANOVA, with passing of time the protein solubility, pH, TVBN, centrifuge loss and press juice was increased. With further study of ANOVA of thawing loss and drip loss, it was concluded that salt concentration had significant effect on dependent parameters (P<0.05). While keeping a high thawing speed, no burning marks appeared on the edges and around the samples in ohmic method.

Keywords: Tuna fish; Immersion ohmic thawing, TVB-N, Protein solubility.

(*Corresponding author's email: n.zamindar@khuisf.ac.ir)